

CENTRO ATÓMICO EZEIZA	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº	AÑO
1	1983

Control de Calidad en Paredes de Hormigón de Gran Espesor Destinadas a Blindaje

ARCAMA, Julio A. **, CANNISTRACCI, Carlos A. *, SAN PEDRO, Marcelo **

El presente trabajo fue desarrollado, ante la necesidad de verificar el grado de homogeneidad que presentan las paredes de hormigón de gran espesor, que conforman las denominadas celdas de proceso para uso Radioquímico, actualmente en construcción en el Centro Atómico Ezeiza.

Dichas paredes, además de su función estructural, fueron proyectadas para actuar como blindaje biológico, dado que estarán destinadas a confinar materiales nucleares irradiados.

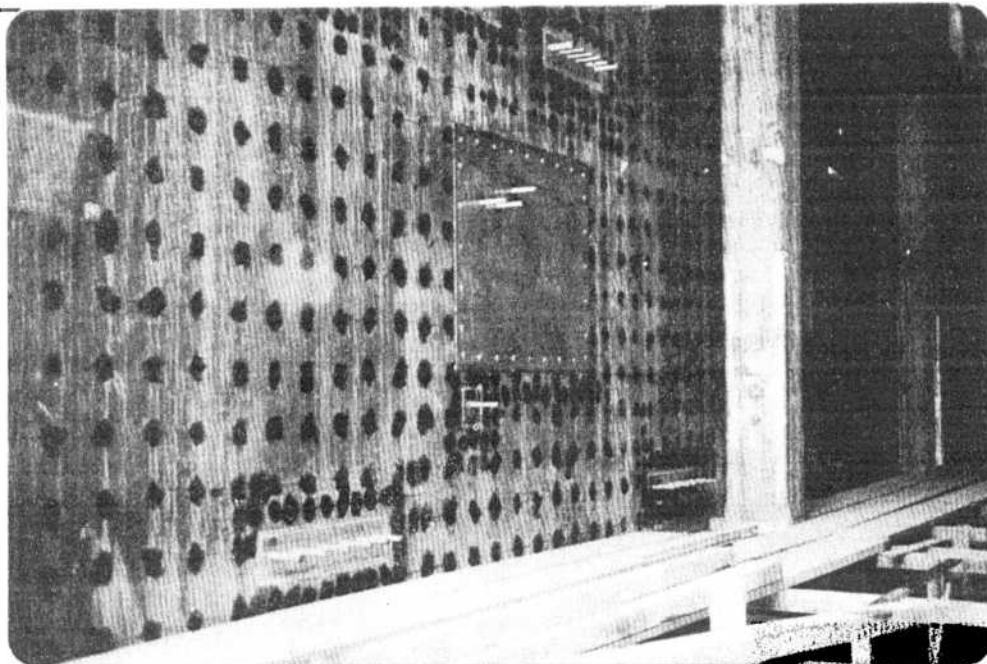
El programa de ensayos se basó en los siguientes aspectos fundamentales:

1. Adopción de métodos no destructivos, con rapidez de realización y respuesta.
2. Adecuada confiabilidad de los resultados.
3. Mínima interferencia con el plan de construcción y montaje.
4. Posibilidad de realización con elementos de uso convencional en materia de ensa-

* DEPARTAMENTO FUENTES INTENSAS DE RADIACION. C.N.E.A.

** DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE PLANTAS QUIMICAS. C.N.E.A.

Figura 1: Pared lado exterior de celdas.



yos.

5. Bajo costo operacional.

En consecuencia, las alternativas posibles eran:

- a. Esclerometría.
- b. Ultrasonido.
- c. Métodos radioactivos (Radiometría y Gammagrafía)
- d. Métodos no experimentados en gran escala (disipación de calor).

De un análisis de factibilidad, en relación fiabilidad/tiempo, se decidió utilizar el método de ultrasonido en primer término sobre la totalidad de la superficie a examinar y luego validar sus resultados a través de la Radiometría y Gammagrafía, en zonas a determinar.

Además se planteó la necesidad de dar una correcta evaluación estadística a los resultados de los métodos empleados, para lo cual se realizó un programa de computadora con dicho propósito.

Característica de la obra y de los ensayos realizados

Los hormigones blindantes fueron realizados con áridos silíceos convencionales y cemento Portland normales argentinos, bajo calificados procedimientos constructivos dado que los colados no se realizaron en las condiciones consideradas convencionales, pues, además de grandes cantidades de armadura se debió hormigonar las paredes de 1 m. de espesor y 8 m. de

altura en una sola etapa para evitar juntas de hormigonado, las cuales podrían presentar falta de compacidad o presencia de planos de discontinuidad.

Las densidades obtenidas oscilan alrededor de los $2,35 \text{ Kg/dm}^3$. y las armaduras de acero natural llegaron a los 210 Kg/m^3 . de hormigón en las zonas de nudos, empalmes o encuentro de elementos estructurales.

Los muros varían su espesor desde 50 cm. hasta 100 cm., en ambos casos con doble armadura y con hierros de 16 mm. de diámetro cada 11 cm. de separación vertical y horizontal.

En dichas paredes, la existencia de pasamuros, como así también la de insertos de acero inoxidable que sirven de anclaje para los equipos de planta, llegan a abarcar el 30% de la superficie total.

Dentro de esa superficie total, la zona que se determinó para ensayar y de esa manera analizar su capacidad blindante frente a la radiación gamma producida por el proceso, es la que está vinculada con las tareas de operación normal de la planta y comprende una franja de 40 m. de largo por 3,20 m. de altura.

A los efectos de realizar la técnica de ultrasonido se trazó una cuadrícula en ambos lados de la pared, la cual no obedece en tamaño a una relación de probable dosis, sino a la distribución de armaduras. (Esquema I)

Se decidió que la separación de 11 cm. en vertical y horizontal, sería la más conveniente para evitar influencias de dichas armaduras.

Para determinar la fiabilidad del método se realizaron ensayos previos en los modelos escala 1:1, contruídos especialmente bajo condiciones totalmente controladas, los cuales se utilizaron además, como patrones de calibración adecuados.

En dichos modelos se trazaron idénticas cuadrículas a las ya mencionadas y luego de determinar las velocidades de propagación y analizar sus parámetros estadísticos se extrajeron testigos de 10 cm. de diámetro y 1 m. de largo (todo el ancho de la pared), para determinar las propiedades físicas y mecánicas del hormigón del modelo.

Los ensayos se dividieron en:

I — Tareas de obra

- a. Determinación de la ubicación de armaduras
- b. Trazado de cuadrícula en correspondencia con el punto anterior.
- c. Determinación del tiempo de propagación.
- d. Extracción de testigos.

II — Tareas de Gabinete y Laboratorio

- a. Determinación de la velocidad de propagación.
- b. Determinación de propiedades físicas:
 1. Densidad lineal (sobre 4 partes del testigo)
 2. Absorción de agua
- c. Determinación de propiedades mecánicas:
 1. Tensión de rotura modificada por esbeltez
 2. Módulo elástico secante

De lo anterior, surgieron las siguientes conclusiones sobre las características de los modelos:

1. La uniformidad de la densidad lineal es apreciable con valor medio $2,39 \text{ Kg/dm}^3$.
2. El módulo elástico medio es de 300.000 Kg/cm^2 .
3. La dispersión de las velocidades de propagación es muy baja, en el orden del 20%.
4. La absorción fue del orden del 4% en peso, lo cual confirma el dato del punto 1. referente a la relación de compactación/densidad.
5. Ver Cuadro I de Ensayos.

Programa de evaluación de resultados

En función de la gran cantidad de datos que surgieron de la aplicación de los ensayos (alrededor de 4000 lecturas), se implementó en una computadora APPLE II PLUS, un programa

para calcular los siguientes conceptos:

- a. Valor medio
- b. Desviación media
- c. Desviación típica
- d. Momentos estadísticos de 1ro., 2do., 3ro. y 4to. orden
- e. Estimador de sesgo.
- f. Estimador de curtosis.
- g. Histograma (graficación).
- h. Ojiva de frecuencias relativas (graficación)
- i. Fiabilidad del valor M_i (considerado valor límite)

Estas determinaciones se pueden realizar, ya sea para la totalidad de las estructuras o en forma comparativa sobre las zonas parciales, donde se desee el estudio de confrontación según las dificultades de colocación, espesores o diferentes tipos de granulometrías.

Un detalle comparativo de aquellos valores más representativos para el caso de Radiometría, se muestran en el Cuadro II.

Ensayos por métodos radioactivos

De acuerdo con la necesidad de verificar el poder blindante expresado en el comienzo, se introdujo la variante de contrastar las respuestas del ultrasonido a través de Radiometría primero y Gammagrafía después. La Radiometría fue utilizada en los dos recintos con paredes de hormigón del orden de 1 m. de espesor.

La elección del método estuvo basado en:

1. La mayor velocidad de respuesta respecto de los métodos radioactivos considerados.
2. Implica menor interferencia con las tareas de construcción y montaje.
3. Menor costo operativo.

El método, basado en la medición de radiación directa a través del espesor considerado, tiene como elementos fundamentales la fuente radioactiva ($\text{Co} - 60$ con $A = 34 \text{ Ci}$), el colimador ($\text{Pb} - \text{W}$) y el detector tipo sonda de centelleo con cristal de NaI .

La calibración relativa se efectuó tomando como elemento a medir, el modelo a escala 1:1 de la estructura a verificar, donde se utilizaron los mismos materiales constructivos. Esta determinación permitió fijar el criterio de aceptación tomando como base, el valor medio de las lecturas efectuadas. El umbral fijado como criterio es igual al doble del valor medio.

Las mediciones en obra se efectuaron tomando en consideración la información básica dada por el ensayo de ultrasonido, y se verificaron principalmente aquellos puntos que resultaron dudosos con respecto de la velocidad nominal de propagación; además se utilizó la misma

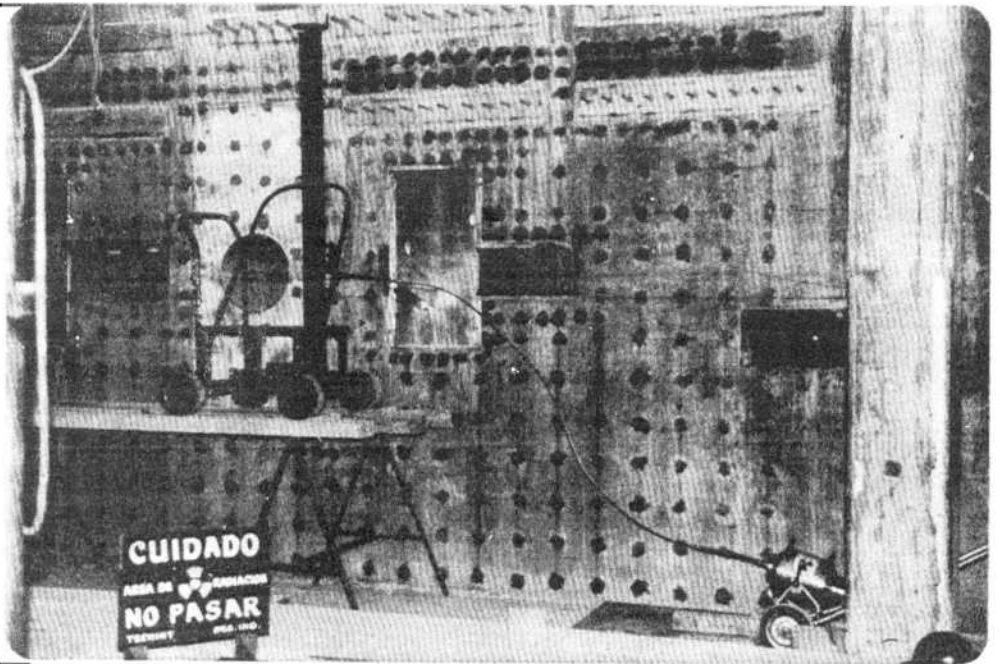
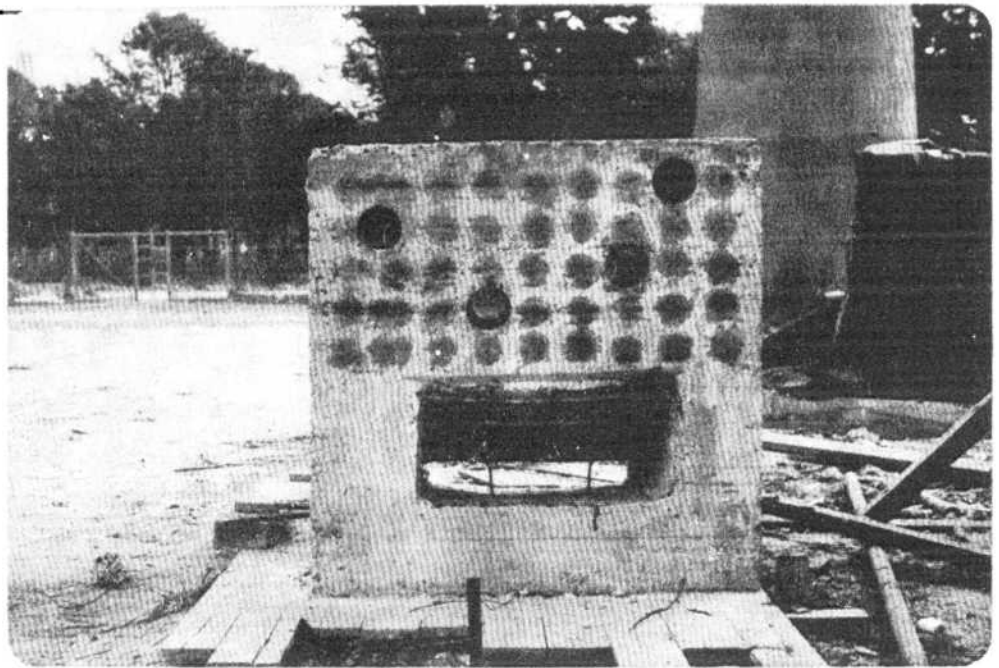


Figura 3: Disposición de elementos en obra para Radiometría, pared exterior de celdas.

cuadrícula y se amplió el espectro de lecturas con un 15% de los puntos ya aceptados por ultrasonido.

Como conclusión de este método podemos decir que de las lecturas efectuadas surge la evidencia de que algunos puntos efectivamente denotarían la existencia de pequeñas faltas de compacidad, pero cuyo valor porcentual los ubicarían dentro de los límites de sobredimensionamiento de blindaje fijados por diseño.

Gammagrafía

Esta técnica fue utilizada en los muros de 50 cm. de espesor por lo siguiente:

- a. En los muros considerados, la mayor abundancia de pasamuros e insertos introducía una mayor dispersión de lecturas por el método anterior y hacía mucho más difícil la fijación de un criterio de aceptación.
- b. La evaluación de resultados por placa ga-

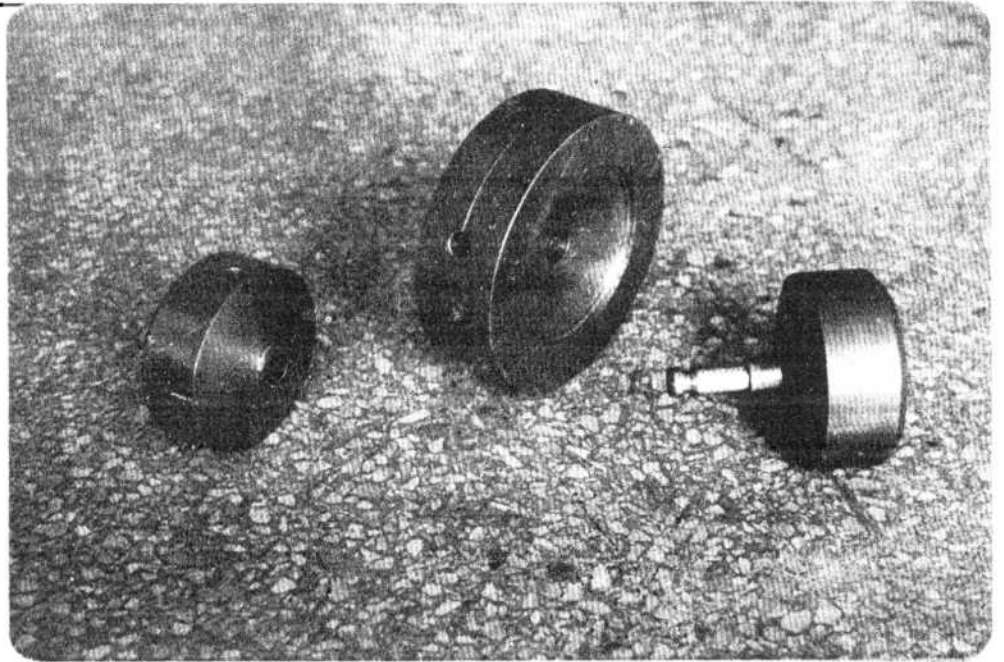
CUADRO I

Extracción el punto de cuadrícula	Velocidad promedio de propagación en el punto de extracción (m/seg)	Longitud del testigo (cm)	Absorción de agua del hormigón, en peso (48 hs) (%)	Peso específico del hormigón saturado y con la superficie seca (Kg/dm ³)	Resistencia de rotura a compresión corregida por esbeltez (Kg/cm ²)	Módulo de elasticidad estático secante a la compresión (Kg/cm ²)
12-B	4510	21,4 21,6 15,3 20,9	4,2 $\bar{X}=4.475$ 4,6 4,8 $\sigma_{n-1} =$ 4,3 0.2753	2,39 $\bar{X}=2.39$ 2,40 2,38 $\sigma_{n-1} =$ 2,39 8.16×10^{-3}	257 239 253 251	315.000 310.000 — 300.000
15-D	4450	20,7 13,9 16,7 21,2	4,8 $\bar{X}=4.975$ 5,2 5,1 $\sigma_{n-1} =$ 4,8 0.2061	2,37 $\bar{X}=2.37$ 2,36 2,37 $\sigma_{n-1} =$ 2,38 8.16×10^{-3}	263 233 279 226	340.000 — — 265.000
18-C	4410	21,7 19,9 13,0 21,3	5,0 $\bar{X}=4.925$ 4,6 5,3 $\sigma_{n-1} =$ 4,8 0.2986	2,36 $\bar{X}=2.3625$ 2,36 2,36 $\sigma_{n-1} =$ 2,37 5.0×10^{-3}	257 257 245 245	305.000 290.000 — 300.000
19-A	4320	21,9 14,5 21,0 17,4	5,5 $\bar{X}=5.6$ 5,8 5,7 $\sigma_{n-1} =$ 5,4 0.1825	2,36 $\bar{X}=2.35$ 2,33 2,36 $\sigma_{n-1} =$ 2,35 0.014	239 250 269 228	305.000 — 365.000 —
			$\bar{X} = 4.9937$ tot. $\sigma_{n-1} = 0.4525$	$\bar{X} = 2.3681$ tot. $\sigma_{n-1} = 0.01675$		

CUADRO II
VALORES DE LA RADIOMETRIA

	\bar{X}	σ	$\delta \%$	n°	Observaciones
Modelo	137,5	17,4	12,7	20	Esc. 1:1
Pared A/Sur	127,1	26,3	21,0	21	Ciega
Pared A/Norte	135,8	37,1	27,1	21	"
Pared A/total	135,7	25,5	18,8	42	"
Pared B/Sur	174,7	62,5	35,6	32	C/Vanos
Pared B/Norte	213,3	80,6	37,8	21	"
Pared B/Total	198,8	71,2	37,5	53	"
Total A y B	165,8	62,2	37,5	95	Mixta

Figura 4:
Colimador de Pb-W



mmagráfica se puede ajustar en base a obtener placas de referencia mediante un modelo a escala 1:1, con fallas tipo prefabricadas y elementos de comparación. Este sistema es el utilizado en este caso y significa una eventual calibración del mismo.

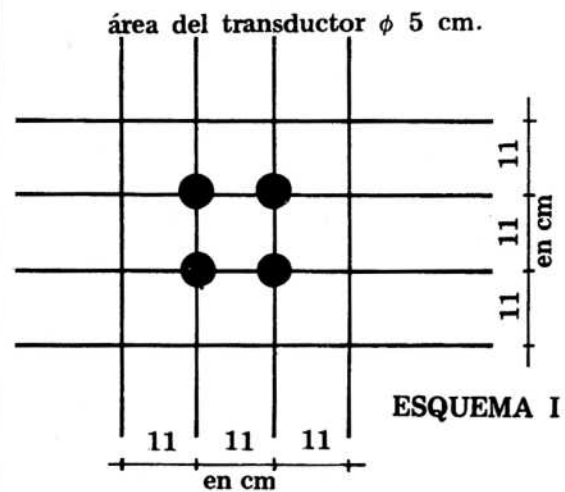
En las tomas gammagráficas se utilizó la misma fuente radioactiva (Co - 60) y un colimador de W, tipo ángulo sólido direccional. Las características de las placas utilizadas corresponden a una de alta velocidad y alto contraste, usando además, pantallas reforzadoras. La técnica radiográfica utilizada implica considerar un semi-espesor del muro como blindaje y el otro como elemento a analizar. Esto último significa tratar de disminuir al máximo posible, los tiempos muertos de operación, de tal forma de provocar la menor interferencia con las tareas de obra en el lugar.

La interpretación y análisis se basó en la comparación de imágenes y densidades ópticas con la placa de referencia.

La inspección gammagráfica se efectuó en aquellos puntos ya observados por ultrasonido en base a una menor velocidad de propagación.

En ambos métodos (Radiometría y Gamma-grafía) las normas básicas de seguridad radiológica fueron cumplidas con estrictez, ya que ningún caso se trabajó en campos de radiación con valores superiores a los permisibles para este tipo de labor. Cabe acotar que en el caso de los operadores del equipo de detección utilizado en Radiometría, se controlaba en cada

EJEMPLO DE RETICULA UTILIZADA PARA ULTRASONIDO



AREA ABARCADA POR TRANSDUCTORES

punto la no existencia de haces colimadores que afectaran a dicho operador.

Como conclusión final, se puede expresar que el ultrasonido permite una evaluación rápida y total de las condiciones de homogeneidad de paredes blindantes de altos espesores y la Radiometría y Gammagrafía, ayudan a validar esos resultados analizando más a fondo aquellos puntos que escapan al valor de dispersión fijado en ultrasonido.

SERVICIO I.A. 53